

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

第2622429号

(45)発行日 平成9年(1997)6月18日

(24)登録日 平成9年(1997)4月4日

(51)Int.Cl. ^a	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H04N 1/405			H04N 1/40	B
1/52			1/46	B

請求項の数33(全 25 頁)

(21)出願番号	特願平4-501339	(73)特許権者	999999999
(86) (22)出願日	平成3年(1991)12月3日		リサーチ コーポレイション テクノロ ジーズ インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表平6-508007		アメリカ合衆国 85711-3335 アリゾ ナ州 トゥーソン スウィート 600
(43)公表日	平成6年(1994)9月8日	(72)発明者	ノー ス ウィルモット ロード 101
(86)国際出願番号	PCT/US91/08820		ハーカー、 ケヴィン ジェイ.
(87)国際公開番号	WO92/10905		アメリカ合衆国 14620 ニューヨーク 州 ロチェスター ハウランド アヴェ.
(87)国際公開日	平成4年(1992)6月25日		ニュー 340
(31)優先権主張番号	622, 056	(74)代理人	弁理士 三好 秀和 (外1名)
(32)優先日	1990年12月4日		
(33)優先権主張国	米国(US)		

早期審査対象出願

審査官 後藤 彰

最終頁に続く

(64)【発明の名称】 青色雑音マスクを使用したグレイスケール画像のハーフトーン化のための方法および装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】青色雑音マスクと原画像間の画素対画素比較を利用することによりグレイスケール画像のハーフトーン化を行う方法において、前記青色雑音マスクが、前記グレイスケール画像の任意のレベルにおいてしきい値化されたときに、視覚的に好ましい点のプロファイルを生成するべく構成された、ランダムで、非決定性かつ非白色雑音性の一値関数から成ることを特徴とする方法。

【請求項2】前記青色雑音マスクがカラー画像をハーフトーン化するために使用されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】前記青色雑音マスクが多重ビット表示画像をハーフトーン化するために使用されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】前記青色雑音マスクが連続的な一値の非周

2

期的青色雑音関数から成ることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】前記青色雑音関数がランダムな関数であり、この関数において、前記青色雑音マスクが任意のレベルにおいてしきい値化されたときに、望ましい青色雑音特性を有する点プロファイルが生成されることを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項6】前記青色雑音マスクが、周波数領域においてフィルタ処理および誤差の規制を用いて、しきい値化された点プロファイルの所定特性を有する一次元または多次元の関数によって形成されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項7】前記青色雑音マスクが、前記周波数領域においてフィルタ処理および誤差の規制と等価である空間領域においてフィルタ処理と誤差規制とを用いて、一次

3

元または多次元の関数によって形成されることを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項8】青色雑音マスクと原画像の画素対画素比較を利用することによるグレイスケール画像のハーフトーン化に用いる青色雑音パワースペクトルを使用する青色雑音マスクを構成する方法において、前記青色雑音マスクが、グレイレベルを漸増することにより点プロファイルを一段階ずつ増築することにより構成され、かつ、各レベルにおける前記点プロファイルが、その1段階前のレベルにおける点プロファイルにより規制され、かつ複数の点プロファイルがそれに相当するグレイレベルの値に対応した前記青色雑音パワースペクトルに合っていないとしないという条件によって規制されることを特徴とする方法。

【請求項9】前記青色雑音パワースペクトルを人間の視覚の反応の結果により調整して、適当な好ましいボタンを生成することを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項10】光学的青色雑音マスクを利用することによりグレイスケール画像のハーフトーン化を行う方法において、前記グレイスケール画像が前記光学的青色雑音マスクを通して撮影され、それが高コントラストフィルム上に印刷されることを特徴とする方法。

【請求項11】前記光学的青色雑音マスクと前記画像が前記高コントラストフィルム上に別々に撮影され、前記フィルムの多重露光を行うようにすることを特徴とする請求項10に記載の方法。

【請求項12】前記青色雑音マスクが、青色雑音マスクのデータを保存しているコンピュータに接続しているフィルムプリンタを使用して形成されることを特徴とする請求項10に記載の方法。

【請求項13】第1のメモリ内に記憶されている青色雑音マスクアレイと原画像の画素対画素比較を実行することによりグレイスケール画像をハーフトーン化する方法において、

a) ハーフトーン化しなければならない前記グレイスケール画像を走査処理して画素単位でグレイスケール画像アレイを形成する段階と、

b) 第2のメモリ内に前記グレイスケール画像アレイを記憶する段階と、

c) 画素対画素比較に基づいて、前記青色雑音マスクアレイおよびグレイスケール画像アレイの各対応画素の値を比較して、2値画像アレイを生成する段階と、

d) 前記2値画像アレイを所望のハーフトーン化画像に変換する段階

の4段階から成ることを特徴とする方法。

【請求項14】前記走査処理段階により作られた前記グレイスケール画像アレイがコンピュータに直接送られて前記比較段階を実行することを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項15】前記画像がカラー画像であることを特徴

4

とする請求項13に記載の方法。

【請求項16】青色雑音マスクと原カラー画像の複数の色成分画面各々の画素対画素比較を利用することによるカラー画像のハーフトーン化を行う方法において、青色雑音マスクが、前記カラー画像の任意のレベルにおいてしきい値化されたときに、視覚的に好ましい点プロファイルを生成するべく構成された、ランダムで、非決定性かつ非白色雑音性の一価関数から成ることを特徴とする方法。

10 【請求項17】前記画素対画素比較を実行するべく複数の青色雑音マスクが別々に使用され、かつ、青色雑音マスクの少なくとも一面が画素対画素比較を実行するに先立って少なくとも1画素分シフトした画素を有することを特徴とする請求項16に記載の方法。

【請求項18】前記青色雑音マスクが最大値を有しており、前記画素対画素比較を実行するべく複数の青色雑音マスクが別々に使用され、かつ、前記青色雑音マスクの少なくとも一面が画素対画素比較を実行するに先立って、各画素の値を最大値から画素値を引いた値で置き換えることにより修正した画素を有することを特徴とする請求項16に記載の方法。

【請求項19】第1のメモリ内に記憶されている青色雑音マスクアレイとカラー原画像との画素対画素比較を利用することにより前記カラー画像をハーフトーン化する方法において、

a) 複数のカラー画面画像アレイを形成するべくハーフトーン化される前記カラー原画像を走査処理し、この走査処理を画素単位で実行する段階と、

b) 第2のメモリ内に前記複数のカラー画面画像アレイを別々に保存する段階と、

c) 画素対画素の比較原則にしたがい、前記青色雑音マスクアレイと前記複数のカラー画面色成分画像アレイの各々の各対応画素値を比較して、2値カラー画面画像アレイを数枚生成する段階と、

d) 前記2値カラー画面画像アレイの数枚の全部を所望のハーフトーン化カラー画像に変換する段階と、

から成ることを特徴とする方法。

【請求項20】さらに、前記比較段階を実行するに先立って前記青色雑音マスクアレイに加えて少なくとも一面の変換した青色雑音マスクアレイを生成する段階を含み、当該少なくとも一面の変換した青色雑音マスクアレイが、前記青色雑音マスクアレイにおける位置から少なくとも1画素分前記青色雑音マスクアレイの画素の位置をシフトすることにより発生されることを特徴とする請求項19に記載の方法。

【請求項21】前記少なくとも一面の変換した青色雑音マスクアレイが、画素対画素の比較原則に基づいて、前記複数のカラー画面画像アレイの少なくとも一面と対応する各画素の値を比較されることを特徴とする請求項20に記載の方法。

50

5

【請求項22】さらに、前記比較段階を実行するに先立って前記青色雑音マスクアレイに加えて少なくとも一面の変換した青色雑音マスクアレイを生成する段階を含み、少なくとも上記の一面の変換した青色雑音マスクアレイにすでに測定された最大値があり、かつ、前記変換した青色雑音マスクアレイを生成する方法として、前記最大値から前記青色雑音マスクアレイの各画素の値を差し引いた値を使って発生されることを特徴とする請求項19に記載の方法。

【請求項23】変換した青色雑音マスクアレイを発生する方法において、変換した青色雑音マスクアレイを使用することにより、非変換の青色雑音マスクアレイよりも、より好ましいハーフトーン化画像を発生し、かつ、

a) 変換されるべき青色雑音マスクアレイの各々の値を読み取る段階と、

b) 使用者による予め設定された最大値および最小値の入力を受け入れる段階と、

c) 所定の最大値および最小値の少なくとも一方と直接値写像関数とを使用して青色雑音マスクアレイの各値を変更する段階と、

d) 変換した青色雑音マスクアレイの各々の値を所定の最大値と比較して、所定の最大値よりも大きい場合は、この値を取り換える段階と、

e) 変換した青色雑音マスクアレイの各々の値を所定の最小値と比較して、所定の最小値よりも小さい場合は、この値を取り換える段階と、

から成ることを特徴とする方法。

【請求項24】さらに、前記変換した青色雑音マスクをメモリ内に保存させる段階を含むことを特徴とする請求項23に記載の方法。

【請求項25】さらに、画像をハーフトーン化するために、前記保存された変換した青色雑音マスクを使用する段階を含むことを特徴とする請求項24に記載の方法。

【請求項26】画像情報をハーフトーン化の際に使用されるものであってコンピュータのメモリに記憶されるマスクにおいて、循環表示特性を有する少なくとも1つの局所的に非周期的な点プロファイルを生成するように構築された少なくとも1つのしきい値処理可能なアレイを含むことを特徴とするマスク。

【請求項27】画像をハーフトーン化の際に使用されるものであってコンピュータのメモリに記憶されているマスクにおいて、そのマスクは少なくとも1つのアレイを備え、またその少なくとも1つのアレイはしきい値処理が行われると、どのグレイレベルの場合においても、低周波成分が殆ど無視できるほど少ないという青色雑音に特有なパワースペクトルが実質的に得られることを特徴とするマスク。

【請求項28】請求項27に記載のマスクと前記コンピュータのメモリに相応する比較器との組合せ。

【請求項29】ハーフトーン化処理のためのマスクであ

6

って、コンピュータの読出し可能な格納装置に収納され、複数のレベルでしきい値処理が行われるとそれぞれのレベルに対応して局所的に非周期的でかつ殆ど等方で低周波数成分の僅少なパターンを生成するしきい値処理可能なアレイを構成していることを特徴とするマスク。

【請求項30】少なくとも1つのアレイと前記画像から得られた情報とを比較する手段を備える画像ハーフトーン化装置であって、前記少なくとも1つのアレイは、しきい値処理が行われると、実質的に青色雑音パワースペクトルの特性を有するパワースペクトルを呈する画像ハーフトーン化装置。

【請求項31】ハーフトーン化されるべき画像はカラー画像であり、比較されるべき前記情報は前記カラー画像のうちの少なくとも1つの色成分から得られるようにした請求項30に記載の画像ハーフトーン化装置。

【請求項32】画像と青色雑音マスクとの画素対画素比較を利用したグレースケール画像のハーフトーン化方法において、その青色雑音マスクが、しきい値処理が行われると実質的に青色雑音パワースペクトルの特性を有するパワースペクトルを呈するパターンを生成するランダムで非決定性かつ非白色雑音性の一画素関数で構成されているグレースケール画像のハーフトーン化方法。

【請求項33】前記パターンは2値パターンである請求項32に記載のグレースケール画像のハーフトーン化方法。

【発明の詳細な説明】

発明の背景

本発明は主に画像のハーフトーン化に関する。特に、本発明は青色雑音マスクとグレースケール画像の画素対画素の比較を利用することによるハーフトーン化のための方法および機構に関する。

多くの印刷装置は2値表現式であるため、グレースケール画像を再生することができない。その結果、レーザプリンタ、ファクシミリ装置、リソグラフィ（新聞印刷）、液晶表示およびプラズマパネル等の広範な用途において、グレースケール画像を2値法により表現することが必要となっている。グレースケール画像は、通常ハーフトーン化（網目凸版処理）により2値画像に変換される。このハーフトーン化によれば、白黒2色のみを使用して種々の度合の灰色の錯覚を作ることができ、これにはデジタル処理法（ファクシミリ装置、レーザプリンタ）と光学的処理法（新聞印刷）のいずれもが使用できる。

ハーフトーン化アルゴリズムには2種類あって、出力される2値画像における1個の出力点を計算するのに必要なグレースケール入力画像の点の数によって点アルゴリズムと近傍アルゴリズムとに分類される。デジタル型ハーフトーン化においては、各点は各画素に対応する。また、点アルゴリズムにおいては、ハーフトーン化の方

法は、(常にはではないが)通常は非周期的点配列またはマスク等の非画像(画像でない模様)とグレイスケール画像を比較し簡単に対応する各点毎を比較することによって行われる。すなわち、入力画像の各点において、グレイスケール画像とマスクの点濃度を比較してその大小により、2値出力画像の対応する点に1か0の値が与えられる。また、近傍アルゴリズムを用いるハーフトーン化はこのような単純な対応点比較によって行われず、通常、出力画像における1点を計算するために、グレイスケール入力画像の多数の点に関与するフィルタ処理を要する。

今日、従来のハーフトーン化アルゴリズムにおいては、特定のハーフトーン化アルゴリズムの選択は表示装置に左右され、常に、画質と速度との間のいわゆるトレードオフを必要とする。なお、近傍ハーフトーン化アルゴリズムは良画質(といっても、完全に虚像を除くことは出来ないが)を与えるが、時間がかかり、光学的用途に適応不能である。このため、新聞印刷等の光学的用途において、点アルゴリズムのみを唯一の手段として選択することになる。点アルゴリズムは高速であり、すべての印刷装置に対して適用可能であるが、その結果には、通常、周期的虚像や実存しない輪郭線等の疑似効果が伴う。

ここに開示のハーフトーン化機構は点アルゴリズムを利用するものでありながら、近傍アルゴリズムの特長とする良画質と点アルゴリズムの特長である高速度や広範な用途域を併せ持つ。すなわち、この方式は、点アルゴリズムを利用するものであって、入力画像と「青色雑音」マスクと呼ばれる非画像アレイ(点列)とを画素毎に対応比較することによってハーフトーン化が実現されるのである。

グレイスケール・レベル等の多重レベルを持つ画像のデジタルハーフトーン化は従来技術として知られている。この場合、二つの主要方法が現在用いられている。それは規則ディザ(dither)法および誤差拡散法である。R.Ulichney著「デジタルハーフトーン化」(MIT Press, Cambridge, Massachusetts (1987) および、R.W.FloydとL.Steinbergとの共著「空間グレイスケールへの適応アルゴリズム」(SID International Symposium Digest of Technical Papers, pps.36-37)を参照のこと。このうち、FloydとSteinbergとの共著の論文はグレイスケールのデジタルハーフトーン化に関するものである。

上記規則ディザ法の中で集団ドット(clustered-dot)ディザ法および分散ドット(dispersed-dot)ディザ法などが主な方法である。またこのほか、白色雑音ランダム・ディザ法があるが、これは画質がこの3つの方法の中で最も不良であるため極めて希にしか使用されず、残りの2つのディザ法のうちでは、集団ドットディザ法が格段に広く使用されている。さらに、これら二法とも固定した大きさのしきい値型スクリーン図形に基づいて

いる。6×6のしきい値型スクリーンをデジタル入力値と比較するのも一例である。このとき、当該入力値がそれに対応する点のスクリーンバタンの値よりも大きければ、1を出力し、小さければ、0が割り当てられる。なお、この両技法により表すことのできるレベルの数は当該スクリーンの大きさに依存する。すなわち、6×6のスクリーンは36の特定レベルを作ることができる。

したがって、バタンを大きくすればより多数のレベルを実現できるが、レベル間の遷移ピッチが粗くなるために、実際の解像度が減少する。例えば、コピー機やレーザプリンタの平均的な画素率である1インチあたり約300ないし500の画素率の場合、原画像の連続的な明暗度に対応する適正な精度が16レベルでは実現できず、最適以下の解像度になってしまうために、4×4よりも大きなスクリーンボタンにおいては、バタンの虚像が顕著になる。

このような問題の解消方法がUlichneyの論文「青色雑音でのディザ処理」(Proceedings of the IEEE, Vol.76, NO.1, January 1988)により開示されている。当該文献においては、空間ディザ処理の方法が記載されており、当該方法によると2値(黒白のみの)画素成分のみから成る画像に連続色調の画面のような錯覚を与えることができる。すなわち、当該方法はフィルタにより青色雑音バタンの高周波数白色雑音を生成して、ハーフトーン化のための所望の特性を提供する。ただし、Ulichneyの使用する摂動比重(perturbed-weight)誤差拡散法は、デジタル方式に使用するときは、本発明により実現される速度よりもはるかに遅い速度で(約100倍遅く)動作する。

なお、UlichneyのIEEE文献において開示されている如き誤差拡散法が、規制ディザ法と基本的に異なっている点は、固定されたスクリーン・ボタンが存在しないことである。その代わりに、2進値によって連続信号を表現することにより生じる誤差を補正するべく企図された回帰的アルゴリズムが使用される。

さらに、UlichneyおよびFloydやSteinberg等により記載される誤差拡散法は、走査処理や「たたみこみ」型演算を必要とし、コピー機やファクシミリ装置等に使用できるが、局所演算をも必要とする欠点がある。しかも、光学的用途には使用できない。加えて、Ulichney、FloydおよびSteinbergにより記載される方法を含むすべての誤差拡散法においては、本発明では存在しない走査上および起動時の虚像が見られる。また、Ulichneyは青色雑音を発生する方法について記載しているが、本発明により生じる青色雑音ボタンはUlichneyあるいはその他の誤差拡散法により生じるものに比してより等方性である。さらに、規則ディザ法を用いれば、誤差拡散法により生じるボタンよりもより目障りな周期的ボタンが生じる。

或る種の従来方法においては、あたかも各グレイレベルがそれぞれ特別の場合であるようにして、それぞれ異

なるグレイレベルに対応するすべての点のプロファイルが独立して計算されている。したがって、例えば、Sullivan他の米国特許第4920501号においては、所望数のグレイレベルに対応する、多数の独立した点のプロファイルを記憶しておく必要があった。一方、本発明においては、点プロファイルが低次のグレイレベルからのプロファイルを土台にして構成されるために、累積アレイ及び青色雑音マスクが二次元の一価関数として構成できる。この一価関数がいずれかのレベルにおいてしきい値になれば、その時の2値ボタンが、まさしく特定のグレイレベルに対応する青色雑音点プロファイル $p(i, j, g)$ である。この場合、 p は黒または白に対応して1または0となり、 i および j は画素の座標を示し、 g はグレイレベル ($0 < g < 1$) を意味する。

さらに、従来技法の欠点としては、任意グレイレベルに青色雑音の特性を与えるのに間接的な方法を使うこと、例えば(Ulichneyによる)振動比重を使った誤差拡散フィルタを使用する方法とか、米国特許第4920501号における「シミュレーションによるアニール(焼鈍)」のアルゴリズムなどを使うことである。一方、ここに開示の方法は、点プロファイルを(フーリエ)変換したのちフィルタを直接かけることによって所望の青色雑音パワースペクトル(フーリエ変換の自乗)が生成される点において、当該従来技術に比して有利である。このようなフィルタ処理は、不連続フーリエ変換の使用が内在的に円形たたみこみ型計算を含むために、長スケール周期性のみを内蔵するほとんど理想的に近い青色雑音ボタンを生じる。しかしながら、このようなフィルタ処理で得られるボタンは2値表現ではない。したがって、このようにしてフィルタ処理して得られた理想的青色雑音ボタンとフィルタ処理以前の点プロファイルとの間の差異がどこにあるかを計算して誤差の最小化をはかる方式を使って手を加えねばならない。そして、これらの差異の大きさおよび位置により、1と0とを交換すべき画素が決定され、できるだけ理想的に近い青色雑音の点プロファイルが得られる。

また、ビデオや印刷装置を含む種々の情報表示装置は個々の特異な入出力特性を備えている。すなわち、医療用超音波画像処理等の用途においては、これまで、使用者は最終的なグレイスケール写像について適当な制御を行うことが可能であった。例えば、使用者は画像のコントラストの高低を調節することが可能であった。しかしながら、表示装置の特性およびフィルム特性を画像処理する度に再計算する必要があった。

ハーフトーン化においては、従来の小型の(例えば、 8×8 画素核)ハーフトーンスクリーンを使用すると上記入出力特性を変更する自由度が甚だしく制限され、線形の累積型分布関数(CDF)が通常得られることが報告されている。Ulichneyの「デジタルハーフトーン処理」(MIT Press, Cambridge, Massachusetts (1987))、R.B.

ayerの「連続色調画像の2レベル表示のための最適方法」(IEEE International Conf. Comm., 1973)、および、G.C.Reidの「ポストスクリプト言語プログラムデザイン」(green book), Addison-Wesley Publishing Co., New York, (1988), page 137を参照のこと。線形CDFは、ハーフトーン核画素含有量の10%がその最大値の10%よりも小さくなるとか、画素の50%がその最大値の50%よりも小さい値を含む等を意味する。

また、ここに開示する青色雑音マスク法の場合においては、不規則な大型ボタン、例えば 256×256 画素核が、累積型分布関数を変更するのに十分な自由度を供することができるため、入出力特性の線形および非線形の写像が可能となる。さらにこのことは、本出願に開示されるような改良された青色雑音マスクを使って特定のプリンタ出力やその他の表示手段の特性にしたがった補正ができる特別な青色雑音マスクの構成を可能にする。

また、本発明の方法は、開示の青色雑音マスクを使って各色成分を個々にしきい値処理してその結果を重ねて印刷することにより、色刷原画のハーフトーン化にも適用できる。当該方法によれば、画像にふれを加えないでしかも好ましいボタンが形成できる。当該方法は以下に記載の従来技術を大幅に改良するものである。

米国特許第5010398号においては、天然色プリント原画の再生用版画の製造に使用する写真法により作成したマスクを用いた乾燥染料エッチングによる色補正のための方法が開示されており、この方法においては、密着印画が写真マスクに過度露出される。なお、写真マスクは正常に露光して原画の色成分毎のハーフトーンの正確なコピーが得られるほかに、任意に選んだ領域が分離できるように構成されている。すなわち、このマスクは各色成分画像を別々に走査し、各信号をデジタル化し、その後、当該デジタル値をデジタル記憶装置に記憶させることにより、電子的に生成できる。

また、米国特許第4974067号は複数段階のデジタルカラー画像再生方法と装置に関するもので、原画像を複数の色成分に分離して各色成分ごとに対応する画像データを生成するものである。なお、画像データは個々に処理されて色成分密度のデータ記録が生成され、さらに、当該データは色成分のハーフトーン表示ボタンを記録するために使用される。

また、デジタルハーフトーン化のための装置および方法が米国特許第4924301号に開示されており、光学スキャナにより得られる連続色調強度信号からハーフトーンスクリーン若しくは色成分毎のスクリーンが構成される。すなわち、デジタル信号プロセッサを用いて連続色調強度値が処理されて、それがメモリーに写像の地図として保存され、このデータとレーザプリンタ等のデジタルデータ出力装置と組合せにより、所望のハーフトーンスクリーンが形成される。デジタル信号プロセッサは、従来の4色ハーフトーン印刷における黄色、シアン

11

(青)およびマゼンタ(赤)色分解のスクリーン角度と殆ど異なるスクリーン角度を有するハーフトーンスクリーンを形成するために、ディザマトリクスを使用している。さらに、従来の4色ハーフトーン印刷における黒色ハーフトーン色分解において使用されるスクリーン角度を有するスクリーンとは非常に異なるスクリーン角度を有するハーフトーンスクリーンを形成するためにもディザアレイが使用されている。

さらに、米国特許第4342046号は画像再生装置において使用する色分解ハーフトーンブロックを作成するための密着印画スクリーンに関し、当該方法においては、異なるスクリーン角度を有する複数のハーフトーンスクリーンが、基板フィルム上に再生される色分解再生画像の対応する位置において基板フィルム上に配列され、透明な空白の空間が二つの隣接したハーフトーンスクリーンの間に形成される。

また、カラー表示装置上のカラー画像の単色ファクシミリを作成するための方法および装置が米国特許第4308533号に開示されており、これらは、カラー陰極線管端末上に映し出されるカラー画像から35mmカラーライドを作成するためのものである。さらに、米国特許第3085878号は色分解のための従来のハーフトーンスクリーンの作成に関している。

米国特許第4657831号は平版印刷画面と液体インクを用いて作成された印刷の点粒子度に近似するハーフトーンパターン画像の電子写真的カラー校正刷の生成に関する。

さらに、写真マスクの製造方法が米国特許第4997733号に開示されており、このマスクはドライドットエッチングによる色調補正のために使用され、特定のハーフトーン色分解画像の選択またはハーフトーン色分解画像の組合せ重整合合がハーフトーン色分解の少なくとも一成分像における光学的密度差に基づいて決定される。このような差には、殆ど透明な領域として単離される各領域と、これら単離される各領域を囲む少なくとも一の特定の背景領域との間のコントラストの差が含まれる。

また、米国特許第4477833号は改良された補間処理による色変換の方法に関するものであり、この発明においては、カラー画像を一の色空間から他の色空間に変換するための装置が、メモリを備えていて、そのメモリは出力空間における色に対応する限られた数の出力信号を記憶し、それが入力空間における色を示す信号によって呼び出される。なお、補間処理は当該メモリに記憶されている色の中間に位置する(どちらにも相当しない)入力色値から出発して出力色値を計算するために利用される。

さらに、無作為に選択されたスクリーンしきい値に基づく回転したスクリーンを用いるハーフトーン印刷を行うための方法および装置が米国特許第4700235号に開示されている。このスクリーンは任意のスクリーン角度およびスクリーン幅を備えている。さらに、スクリーンの

12

点は、制御信号によりオン・オフ動作する露光ビームを備える記録素子により、記録媒体上に露光される。

以上のように、上述の文献においては、色彩またはインキが少量拡散するだけで画像のぼやけは全く無い良好な等方性の非塊状で波紋の模様のできにくいパターンを構成する際に、ここに開示する青色雑音マスクを使用することによる多くの利点を持つものは全く見当たらない。

発明の概要および目的

上記に鑑みて、当業界においては、解析すべき画像の画素と青色雑音マスクの画素との画素毎の対応比較計算を特徴とする2値スケール画像を作るためにハーフトーン化を行うのにデジタルデータプロセッサを簡単にしかも高精度に使用して、グレイスケール画像のハーフトーン化を行う方法および装置の必要性がいまだに存在することが明らかである。特定の印画装置や表示装置に適応し、また、出来上がった画像が以前より良質である入出力特性を持たせるようにグレイスケールのハーフトーン化を改変するような結果を生み出すために、プリンタや記録表示装置の種類に依存するある種の悪効果に対処する目的でこのようなハーフトーン化処理方式の改良をする必要がまた存在するのが現状である。

同様に、当業界においては、色彩やインキの拡散は少し位あっても、画像ぼけの全く無い、良好な等方性の非塊状で波紋模様のできにくいパターンを製造するために各色成分を青色雑音マスクと比較して個々にしきい値処理することによりカラーハーフトーン化するための方法の必要性がいまだに存在することが明らかである。

さらに具体的にいえば、本発明の目的は、所望の画像を生成するための単純で高信頼性のメカニズムを備えたグレイスケール画像のハーフトーン化処理用システムを提供することである。

また、本発明の目的は更に具体的にいえば、グレイスケール画像をデジタル的に又は光学的にハーフトーン化処理できるシステムを提供することである。

本発明の他の目的は、出力プリンタおよび表示媒体特性に応じた補正を画像に加えて調整して、その結果表示媒体特有の好ましくない特性の現れることを殆ど除去するような、グレイスケール画像のハーフトーン化処理用システムを提供することである。

さらに、本発明の他の目的は、色の拡散がほとんど無く、かつ、画像ぼけの無い好ましい画像を生成するような、連続色調のカラー画像のハーフトーン化処理システムを提供することである。

要するに、本発明の上記およびその他の目的は、任意のグレイレベルにおいてしきい値化される時に、当該グレイレベルに適応する青色雑音の2値パターンを生じる青色雑音マスクを構成することによって実現できる。さらに、青色雑音マスクを構成した後は、当該マスクをPRAMに記憶させる。次いで、ハーフトーン化される画像は一面素ずつスキャナにより読み取られ、それがメモリに

13

記憶されている青色雑音マスク中の相当する画素と比較されて、2値アレイが構成される。最後に、この2値画像アレイが2値表示に変換され、これが目的のハーフトーン化画像となる。

また、青色雑音マスクが構成され記憶された後に、種々の出力プリンタや表示媒体の個々の特性に従ってマスクを調整して、好ましく表示や表示媒体特性に対処するようマスクに補正を加えることもできる。なお、このような個々のプリンタや表示媒体の特性に左右される悪効果に対処するには、一次統計量または累積分配関数(CDF)を変更することによって青色雑音マスクを修正する。青色雑音マスクはいろいろな方法によって修正することができるが、それらのすべては通常青色雑音マスクのいわゆるバンチング処理を含んでいる。ここで、青色雑音マスクのバンチング処理とは、非常に小さい閾数値は皆同じ特定の最小値、例えば、0にしてしまい、非常に大きい閾数値は皆同じ特定の最大値、例えば、255にする処理のことをいう。そして、最大値と最小値との中間値は再び線形化処理をする(すなわち新しい上限と下限の間の中間値が皆一直線上にのるように再計算される)。

上述の青色雑音マスクを構成し使用方法はまた、カラーハーフトーン化にも適用でき、その場合は各色成分に分離した原画像を別々に青色雑音マスクに対ししきい値化し、それによってできたハーフトーン化した色成分の画像を重ね合わせてプリントする。また、青色雑音マスクは、異なる色(成分)画面の各々に使用される前に、1画素ずつずらして適用することもできる。これによって、色のエネルギーがより広い面に広がる。例えば、ハーフトーン化処理の際に、青色雑音マスクを、赤色画像のときは上に1画素だけずらし、また、青色画像ではマスクを横に1画素だけずらすこともできる。なお、青色雑音マスクをカラーハーフトーン化に利用する上での他の変更および調整については本明細書において論ずる。なお、この原理はRGB(三色刷)ハーフトーン化処理またはCMYK(四色刷)カラー印刷の場合にも適用できる。

さらに、光学的用途においては、グレースケール画像を構成された青色雑音マスクを通して撮影し、このようにしてできた二重写真がコントラストの高いフィルム上に印刷される。また、例えば、二重露光処理によって、グレースケール画像の上に青色雑音マスクをフィルム面において付加するという、付加的な写真法を利用することもできる。なお、青色雑音マスク写真版は算出された青色雑音アレイから得ることができるが、これは青色雑音マスクアレイを記憶するPROMまたはコンピュータに接続されているフィルムプリンタを使用して構成するものである。

図面の簡単な説明

第1図は本発明に従って作成された青色雑音パタンの

14

パワースペクトルを示す図である。

第2図は本発明の青色雑音マスクの構成手順を示すフローチャート(作業系統図)である。

第3図は本発明に従う青色雑音マスクを使用したハーフトーン化のデジタル処理方法を示すフローチャートである。

第4図は本発明に従う青色雑音マスクを使用したハーフトーン化のデジタル処理方法のためのハードウェアシステムを示す概略的ブロック図(構成図)である。

第5図は本発明に従う青色雑音マスクを使用したハーフトーン化の光学的処理方法に利用される多重写真処理を示す図である。

第6図は第5図に示す処理に関する青色雑音マスクを使用したハーフトーン化の光学的処理方法に利用できる付加露出写真処理を示す図である。

第7図はバンチ処理され線形化処理された青色雑音マスクパタンを構成するための青色雑音マスクの変形処理を示すためのフローチャートである。

第8図は高解像度の青色雑音マスクパタンを構成するために下向き凹状(concave down)のシグマカーブ変形処理を使用した青色雑音マスクの変換方法を示すためのフローチャートである。

第9図は低解像度の青色雑音マスクパタンを構成するために上向き凹状(concave up)のシグマカーブ変形処理を使用した青色雑音マスクの変換方法を示すためのフローチャートである。

第10図は線形青色雑音マスクの画素数と画素値との関係を示す図である。

第11図はバンチ処理を伴うCDS直接写像処理の適用後に生成される非線形の高コントラスト青色雑音マスクの場合における画素数と画素値との関係を示す図である。

第12図は青色雑音マスクのカラーハーフトーン化への適用を示すフローチャートである。

好ましい実施態様の詳細な説明

図面に言及する前に、本発明の理論的根拠の説明を以下に行う。

上述のように、本発明のハーフトーン化システムは、「青色雑音」マスクに対してグレースケール画像の画素対画素比較を行ってその機能を実行する。ここに記載される如く、「青色雑音」とは、R.Ulichneyが彼の著書「デジタルハーフトーン化(Digital Halftoning)」において記載しているような、特定の好ましい視覚特性を有し低周波数成分を殆ど持たないパタンである。

本発明においては、グレースケール画像の画素かまたは青色雑音マスクの画素かのいずれが大きいかによって、その画素に相当するファイルの個所に1か0(黒か白)の値を与えることによってグレースケール画像のハーフトーン化が実現される。当該グレースケールがM×N画素の大きさであるとし、また、1画素当たりBビットの黒白濃度段階があるとすると、上記青色雑音マスク

15

はより小さな $J \times K$ のアレイとすることができ、この際、 J は M と同じかあるいはそれより小さく、また、 K は N と同じかそれより小さく、1画素当たり $B-1$ ビットのみとなる。

また、青色雑音マスクは独特な一次および二次特性を有するように構成されている。すなわち、任意のレベル、例えば最大値の $A\%$ 、においてしきい値化されると、各100画素のうちの丁度 A 個がこのしきい値よりも大きな値を持つ。加えて、しきい値より大きな値を持つ画素の空間分布は視覚的に好ましいと判断された青色雑音パターンを形成している。

以上のごとく、開示の青色雑音マスクは一次の統計量がグレイレベル上に均一に分配されるような特性を備えている。すなわち、当該青色雑音マスクがグレイレベル g においてしきい値化されると、すべての値の丁度 $g \times 100\%$ だけが当該しきい値よりも低くなる。ここで、 $g=0.5$ であれば、青色雑音マスク画素の50%が丁度しきい値以上となり、50%がしきい値以下となる。また、青色雑音マスクは、任意の値 g でしきい値化されたときに生じるビットパターンがこのしきい値に対応する理想的な青色雑音パターンと矛盾しないでこれに近似のパワースペクトルを有するような特性を備えている。加えて、青色雑音画像が特別の方法で「雑目なく貼り雑ぐ」ように構成されているので、 $J \times K$ 画素程度の小さな青色雑音パターンがより大きな $M \times N$ 画素画像のハーフトーン化処理に使用することができる。それは、画素対画素比較が、目だつ雑目やはっきりした周期性なしにモジュロ J (J 個単位区切り) およびモジュロ K (K 個単位区切り) でそれぞれの方向に進行させることが可能だからである。しかしながら、この($J \times K$)の値は、元のグレイスケール画像のレベルの数を X とすると、 $X/2$ よりも小さくあってはならない。

ここで、本発明のデジタルハーフトーン化システムのアナログ式処理をした場合を説明することが望ましい。すなわち、これは不連続(離散点からなる)空間の代わ*

$$h(x,y) = \sum_{i=0}^{N/2-1} \sum_{j=0}^{N/2-1} p(m;n; f_{ij}) \text{rect}\{(x-mR)/R\} \text{rect}\{(y-nR)/R\} \quad (1)$$

ここで、 R は表示装置上のアドレス可能な点の間の距離であり、 $\text{rect}(x)$ は $|x| < 1/2$ であれば1であり、それ以外では0となる関数である。したがって、任意のグレイスケール画像の場合において、対応する2値画像 $h(x,y)$ はその点プロファイルを使って以下のように構成することができる。すなわち、(i,j)に位置して $f_{i,j}=g$ の値を有するグレイスケール画像アレイ $f(i,j)$ における各画素について、2値画像アレイ $h(i,j)$ における対応する画素は(i,j)位置における g レベル点プロファイルの値により与えられる値を有する。

各レベルの点プロファイルは一度関数、すなわち青色雑音マスク、を形成するように構成され組み合わせられ

16

*りに連続空間を考えることになる。この場合、 i および j が不連続空間の座標を示すのに対して、 x および y は連続空間の座標を示す。したがって、グレイスケール画像は(アナログの場合) $f(x,y)$ により示され、また、青色雑音マスクは $m(x,y)$ で示され、さらに、出力の(ハーフトーン処理後の)2値画像は $h(x,y)$ で示される。

而して、 B ビット画像の点配列 $f(i,j)$ の場合に(各座標点(i,j)で黒から白までに 2^B レベルの濃度がある)、青色雑音マスクアレイ $m(i,j)$ は、 $f(i,j)$ に対してしきい値化されたときに、最大 2^B レベルの変化の幅のある黒点と白点の分布が長方形グリッド(点格子)の上に表現できるような、 B ビット点配列となる。ここで、青色雑音マスクの面積はグレイスケール画像の面積よりも小さくでき、グレイスケール画像のハーフトーン化処理が画像面の全面に $m(i,j)$ を周期的に繰り返して使うことによって行われることに注意されたい。例えば、 256×256 の8ビット型の原画像の場合、 128×128 の8ビット青色雑音マスクを使用することができる。

また、一定レベル g で青色雑音マスクをしきい値化した後に生じる2値パターンは当該レベルに対応する点プロファイルと呼ばれる。点プロファイルは青色雑音マスクと同じ寸法の点配列で1の点と0の点から構成されている。0と1との比率は各点プロファイルについて異なり、その特定の点プロファイルを作ったグレイレベルに依存する。ここに使用している記号に従えば、グレイレベルが高くなると、点プロファイルに含まれることになる1の割合が大きくなる一方、0の割合が小さくなる。 $p(i,j,g)$ は画素位置(i,j)およびグレイレベル g の場合の点プロファイルの値を示す。また、 $g=0$ は黒に相当し、 $g=1$ は白に相当する。したがって、 $0 \leq g \leq 1$ である。また、画素位置(i,j)における離散的空間関数 $f(i,j)$ の値を $f_{i,j}$ で示すことにより、 $N \times N$ の2値画像 $h(x,y)$ を点プロファイルを使って以下のように表現することができる。

※る。さらに、青色雑音マスクは、任意のレベルでしきい値化されたときに生じる点プロファイルが、局所的に非周期的で低周波数成分が少ない等方性2値パターンになるように構成されるもので、これがハーフトーン化業界の術語でいえば、青色雑音パターンとして知られているものである。これらの点プロファイルはそれぞれ互いに独立しているのではなく、 $g_i + \Delta g$ のレベルに対応する点プロファイルはレベル g_i に対応する点プロファイルからいくつかの選択された0を1に置き換えることによって構成される。例えば、 $N \times N$ の B ビットマスクアレイで最大画素値が 2^B である場合、 Δg は $\Delta g = (1/2)^B$ によって与えられ、レベル g_i からレベル $g_i + \Delta g$ に移るために

17

1に変換される0の数は $N^2/2^g$ となる。

こうして、点プロファイルが g_i におけるボタンから $g_i + \Delta g$ に変化すると、累積アレイと呼ばれる他のアレイが増加されて、グレイレベルから次のグレイレベルに移るときの点プロファイルの変化を記録する役を果たしている。このような累積アレイ（2値アレイではなくBビットアレイ）が青色雑音マスクそのものである。というのは、任意のレベル g でこの累積アレイがしきい値化されるときに生じる2値ボタンが当該レベルに対応する点プロファイルに相当するからである。

以下、図面に基づいて説明する。なお、同一参照番号を全図を通して使用している。第1図は低周波成分の無い半径方向に対称な（つまり方向性のない）青色雑音パ*

$$f_g = \begin{cases} \sqrt{g/R} & \text{for } g \leq 1 \\ \sqrt{1-g/R} & \text{for } g > 1 \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 R は上述の如く、表示装置上の座標で表せる2点間の距離であり、グレイレベル g は0と1の間の値に比例調節されている。上式からわかるように、 f_g は $g=1/2$ であるときに最大となる。それは、この g の値において、黒点と白点の数が等しくなり、それゆえ、極めて高い周波数成分が2値画像において現れるためである。

2^g を最大画素値とする $N \times N$ のBビット画像の場合、青色雑音マスクは以下のように構成される。まず、50%のグレイレベルに対応する点プロファイル $p[i, j, 1/2]$ が構成される。この点プロファイルの構成は白色雑音ボタンから生成され、これを高域円形対称フィルタによりフィルタ処理すると目障りになる低周波数成分を有する2値ボタンになる。次いで、この点プロファイル $p[i, j, 1/2]$ に青色雑音特性を付与するために、以下のような繰り返し処理が行われる。それは、レベル g からレベル $g + \Delta g$ の青色雑音マスクを構成する各段階を示すフローチャートを示した第2図の方式と同様のものである。

ステップ1

点プロファイル $p[i, j, 1/2]$ の二次元フーリエ変換を行い、点プロファイル $P[u, v, 1/2]$ を得る。ここで、 u および v は変換された座標であり、 P はフーリエ変換された関数を示す。

ステップ2

当該スペクトル $P[u, v, 1/2]$ に青色雑音フィルタ $D(u, v, 1/2)$ を適用して、新スペクトル $P'[u, v, 1/2] = P[u, v, 1/2] \times D(u, v, 1/2)$ を得る。青色雑音フィルタは点プロファイルスペクトル $P'[u, v, 1/2]$ の半径方向に対称な線に沿う平均断面が第1図のようになるべく構成されている。このとき、主周波数は

$$f_g = 1 / \sqrt{2} R$$

により与えられる。

18

* タンのパワースペクトルを示している。このように（フーリエ変換した）周波数領域に低周波成分が存在しないということは、空間領域において目障りな虚像が無いということの意味する。また、周波数領域において半径方向に対称であるということは、空間領域において等方的であるということになる。等方性、非周期性および低周波数における虚像が少ないことはすべてハーフトーン化処理において望ましい特性である。なぜならば、それらは視覚的に好ましいボタンを実現するための要因だからである。

第1図に示すように、主周波数と称するカットオフ周波数 f_g は以下のようなグレイレベル g の関数になる。

※ステップ3

$P'[u, v, 1/2]$ の逆フーリエ変換を行い、 $p'[i, j, 1/2]$ を得る。この p' はもはや2値表現ではないが、はるかに良好な青色雑音特性を有する。

ステップ4

差関数 $e[i, j, 1/2] = p'[i, j, 1/2] - p[i, j, 1/2]$ を形成する。この差異を誤差アレイと呼ぶ。

ステップ5

各画素の位置における $p[i, j, 1/2]$ の値に従って、すべての画素を二つのクラスに分類する。すなわち、すべての0は第1のクラスに属し、すべての1は第2のクラスに属する。次いで、各画素の位置における $e[i, j, 1/2]$ の値の大きさに従って、これら二つのクラスの中のすべての画素を順序付けする。

ステップ6

誤差の値 e の中で最大許容可能誤差の大きさの限界値 λ_e の絶対値を E と設定する（ $\lambda_e = E$ ）。この E は、通常は各画素における誤差の絶対値の平均に等しく設定される。なお、0（第1のクラス）については $\lambda_e = E$ であり、1（第2クラス）については $\lambda_e = -E$ である。画素値が0でしかも当該定義の限界値よりも大きい誤差（ e の値）を有する画素をすべて1に変換する。同様に、画素値が1でしかも当該定義の負の限界値よりも小さい誤差（ e の値）を有する画素をすべて0に変える。この場合、全体の平均値が不変なように1に変更された0の数と0に変更された1の数とが等しくなければならない。このようにして、初期段階処理が完了する。

その後、上述の手順が所定の誤差よりも大きな誤差を有する画素がなくなるまで繰り返される。このとき、上記の平均誤差の大きさは画素値0のクラスと画素値1のクラスの両方とも、当該手順が繰り返される度に徐々に小さくなる。

さらに、この初期段階処理の手順を終了させるために、 $c[i, j, 1/2]$ で表される累積アレイと呼ばれる他

19

の $N \times N$ アレイに着目し、その中で対応する点プロファイル内の画素が0の値を有する累積アレイの各画素には 2^{g-1} の値を与え、それ以外のもの(点プロファイル画素が1の値を持つ累積アレイの画素)に $2^{g-1}-1$ の値を与える。このようにして、最終的には青色雑音マスクとなってしまう累積アレイがグレイレベルの値50% ($g=1/2$) でしきい値化されて生じる点プロファイルは、 $p[i, j, 1/2]$ に等しくなる。

このようにしてグレイレベルの値 $1/2$ に対応する点プロファイルが発生すると、次に $1/2 + \Delta g$ グレイレベルが構成される。ここで Δg は、通常、増加できる最小の値 $1/2^g$ を取る。一般には $\Delta g \geq 1/2^g$ である。さらに、 $1/2 + \Delta g$ グレイレベルに対応する点プロファイルが、 $1/2$ レベルに対応する点プロファイルから $N^2/2^g$ 個の0を1に変換することによって作られる。なお、1に換えられる画素値0の画素の選択は、 $1/2$ 点プロファイルの構成について既に述べた第2図に示したものと類似の手順で行われる。

一般に、 $g + \Delta g$ レベルに対応する点プロファイルは第2図に示すように g レベルに対応する点プロファイルから構成することができる。 $g + \Delta g$ 点プロファイルの*

$$c[i, j, g + \Delta g] = c[i, j, g] + p[i, j, g + \Delta g] ; g > 1/2$$

ここで、バー(上線)は、0を1に変更するかまたは1を0に変更することを意味し、つまり、論理演算の「否」に相当する。

このようにして、青色雑音マスクが一定レベル $g + \Delta g$ においてしきい値化されて生じる2値パターンが点プロファイル $p[i, j, g + \Delta g]$ となる。この手順は $1/2 + \Delta g$ から1までのすべてのグレイレベルに対応する点プロファイルが生成されるまで繰り返される。また、 $1/2 - \Delta g$ から0までのレベルを同様にして生成されるが、この場合は1が0に変更され且つ累積アレイは以下のように更新される。

$$c[i, j, g - \Delta g] = c[i, j, g] - p[i, j, g - \Delta g] ; g < 1/2 \quad (5)$$

当該処理をすべてのグレイレベル g について実施し終えると、累積アレイはすべてのレベルに対応する所望の青色雑音点プロファイルを含むことになり、これがすなわち所望の青色雑音マスクである。

第1図および第2図で説明したように、一度青色雑音マスクが構成できると、マスクはハーフトーン化処理に使用できる。なお、青色雑音マスクを使用するハーフトーン化処理は点アルゴリズムであるため、当該処理はデジタル仕様または光学的仕様のいずれにも使用することができる。

本発明に従う青色雑音マスクを使用するハーフトーン化のデジタル仕様を表すフローチャートを第3図に示す。ファクシミリ装置やレーザプリンタ等のデジタル仕様においては、1990年4月24日発行の米国特許第492050※50

20

*生成手順は $1/2$ レベルに対応する初期点プロファイルの生成方法とステップ4までは全く同一である。なお、ステップ2において、青色雑音フィルタの主周波数が式(2)に従ってレベルを変える度に更新されることが重要である。さらに、ステップ4以後の部分は、グレイレベルを1だけ増加することが目的であり、それゆえ、ただ0が1に変換されるのみとなる。なお、上記誤差アレイを使用することにより、0の値を持つ画素がステップ5において取り分けられ、順序付けられる。次のステップ6で $N^2/2^g$ 個の選択された0が1に変更される。

$$p[i, j, g] = 0 \cap c[i, j, g] \geq 1 \Rightarrow p[i, j, g + \Delta g] = 1 ; g > 1/2 \quad (3)$$

0が1に変更される度に、その近傍の統計量に変化し、それゆえ、誤差アレイに含まれるその近傍の画素に対応する情報がもはや有効でなくなる場合がある。この理由のために、数個の0を1に置き換えたところで当該誤差アレイを再計算するかまたは近傍値の平均や走査長のような付加的基準を検討する。最後に、累積アレイの更新がステップ7においては点プロファイル $p[i, j, g + \Delta g]$ においても依然として0に相当している画素のみに1を加えることによって行われる。

※1号におけるUlichneyやSullivan他により教示される誤差拡散法等の他の青色雑音生成技法によるものよりも、本発明の方法ははるかに少ないメモリおよび/または計算を必要とする。

青色雑音マスクアレイを記憶するために要するメモリは、第4図に示すように、PROMに記憶される。次いで、青色雑音マスクアレイ $m(i, j)$ と比較される $N \times N$ のグレイスケール画像アレイ $f(i, j)$ のハーフトーン化が以下に行われる。まず、 i および j 変数がそれぞれステップ300および302において0に設定される(第3図参照)。次に、ステップ304において次の画素 $f(i, j)$ が走査される。次に、ステップ306において画素 $f(i, j)$ の値が青色雑音マスクアレイの対応する成分の値 $m(i, j)$ よりも大きいかが決定される。

このとき、ステップ306において、グレイスケール画像アレイの画素の値が青色雑音マスクアレイの画素の値よりも小さいと判定されると、結果として生じるアレイ $h(i, j)$ の値がステップ310において0に設定される。

また、ステップ306において肯定的な結果(つまり f が m より大きい)が得られると、結果として生じるアレイ $h(i, j)$ の値がステップ308において1に設定される。次に、コレラノウテッ308および310の後、 j が $N-1$ よりも大きいかが否かの決定がステップ312においてなされる。これは列または行の末端を示すものである。つまり、ステップ312において否定的な(つまり j が $N-1$ より大きくないという)決定がなされると、 j はステップ314において $j+1$ に設定され、プログラムがス

21

ステップ304に帰還して次の画素が走査される。

また、ステップ312において肯定的な（つまりjがN-1より大きいという）決定がなされると、走査している線の末端に到達したことが示される。その場合は次に、本方法は次の線の第1の画素（j=0）に適用される。次いで、ステップ318においてiがN-1より大きいかなかの決定がなされる。このとき、ステップ318において肯定的な（つまりiがN-1より大きいという）決定がなされると、画像の端部に到達したことが示され、プログラムがステップ320において終了する。

またステップ318において否定的な（つまりiがN-1より大きくないという）決定がなされると、画像の末端にはまだ到達していないことが示され、まだ未処理の画素が残っていることがわかる。その結果、次の線が走査される。次いで、iの値がステップ322において1+1に設定され、jの値がステップ316において0に設定され、さらに、次の画素がステップ304において走査される。

第4図は本出願に記載される如き青色雑音マスクを使用するハーフトーン化をデジタル的に行うため使用できるハードウェアの一例を示す。なお、これに関して断わっておきたいことは、ハードウェア指定はデジタルでもアナログでも可能で、例えば、電子回路コンパレータ（比較器）402を演算増幅器に置き換えればアナログ仕様にも用いることができることである。この場合、青色雑音マスクを用いるデジタルハーフトーン化がそれ以外の既知の青色雑音生成法によるものよりもはるかに高速であることは重要な利点である。なぜならば、当該ハーフトーン化が単純な画素対応比較によって行われるためである。加えて、本発明の青色雑音マスク処理を使用するデジタルハーフトーン化は、すべてのしきい値が予め割り当てられているため、平行的に（逐次的でなく）当該比較処理を行うことにより、さらに加速することができる。

第4図に示すように、スキャナ400が、所定の画像を走査し、当該画像上の画素をf(x,y)のアレイからグレイスケール画像アレイf(i,j)に変換するべく使用される。そのスキャナ400の出力が比較器402の第1入力に供給される。

上述したように、青色雑音マスクアレイm(i,j)はコンピュータ405内に配置できるPROM406内に記憶される。さらに、PROM406の出力は比較器402の第2入力に供給される。比較器の出力は2値画像アレイh(i,j)であり、2値ディスプレイ404に送られて、ディスプレイ *

22

*により最終的な画像アレイh(x,y)に変換される。

さらに、上述したように、本発明の青色雑音マスクを使用するハーフトーン化は光学的または写真用の仕様にも適用できる。例えば、本ハーフトーン化システムの光学的用途の一例として、新聞印刷に使用する写真処理がある。このような処理は乗法的処理若しくは加算的処理のいずれにも適用できる。

例えば、乗法的写真処理においては、グレイスケール画像f(x,y)500が透過率m(x,y)を有する青色雑音マスク502を通して写真撮影され、その結果得られる重ね合わせ像h(x,y)=f(x,y)×m(x,y)が高ガンマ（硬調）フィルム等のコントラストの高いフィルム504上に印画される。この処理を第5図に示す。なお、上記アレイf(x,y)内の点fpが上記アレイh(x,y)内の点hpに対応し、後者の大きさを形状がfpの示すグレイレベルに依存することに注目する必要がある。

第6図は二重露光によりフィルム画面においてグレイスケール画像に青色雑音マスクを付加する加算的写真処理を示す。グレイスケール画像アレイおよび青色雑音マスクアレイは加算器600により加算され、それが高ガンマ（硬調）フィルム504に供給され、そこでハーフトーン化した画像が出力される。なお、加算器600の最も単純な形態はフィルム504の繰り返し露光処理であって、画像および青色雑音マスクがフィルム504上に別々に露光され、その後、現像される方式に当たる。

一般的に、グレイスケール写真用の青色雑音マスクm(x,y)は計算されたアレイm(i,j)からPROMまたはコンピュータに接続しているDunnカメラ等のフィルムプリンタを使用して得ることができる。これで分離した点から連続画像への変換が上式(1)により行うことができる。印刷フィルムや透明性フィルムはコンピュータ制御されたフィルムプリンタにより露光されて、写真用の青色雑音マスクが生成される。

また、この青色雑音マスクはマルチビットおよびカラーディスプレイに関する用途におけるハーフトーン化にも適用できる。さらに、青色雑音マスク（第2図）を使用する2値ディスプレイのためのデジタルハーフトーン化処理が以下のようにも表現できる。

$$h(i,j) = \text{int} \{ m(i,j) + f(i,j) \} \quad (6)$$

ここで、intは整数を残少数点以下を切り捨てる操作を意味し、m(i,j)およびf(i,j)のグレイレベルは0と1との間で変化する。一般に、Kビットディスプレイの場合、出力画像アレイh(i,j)は以下のように表すことができる。

$$h_K(i,j) = \frac{1}{2^K - 1} \text{int} \{ (2^K - 1)m(i,j) + f(i,j) \} \quad (7)$$

この $2^K - 1$ 個のしきい値は0と1との間で等間隔に離間している。この場合、不均一な間隔で処理する量子化因子 (quantizer) を使うこともまた可能である。

※ さらに、プリンタやその他の終局出力装置の選択に依存する望ましくない悪効果を最小にするために、青色雑音マスクを変換することも可能である。このような処理

は青色雑音マスク(BNM)の一次統計量あるいは累積分布関数(CDF)を変換することによって実行できる。なお、このような変換は、医療用超音波画像処理等の環境において有用である。それは、本発明を使用することにより、使用者が高コントラスト画像と低コントラスト画像のいずれもを選ぶことができ、さらに、医療用超音波画像処理装置のための表示装置の特性およびフィルム特性によって各処理ごとに適応調節できるからである。

また、この青色雑音マスクの場合、大規模な無構造パターン、例えば、 256×256 の画素核が、上記CDFを変換して入出力の線形および非線形の両方の写像を実行するに十分な自由度を提供する。このことにより、特定の出力プリンタに適応する特別の青色雑音マスクを構成することが可能になる。加えて、このような変換された青色雑音マスクにより、個々の表示装置に特有な悪効果を最小化することもできる。それゆえ、後述するように、本発明は青色雑音マスクの累積分布関数の変更を供するものであり、当該マスクはそのもの自体にも使用できるが、これを変更して適切でより望ましい入出力特性を生成するために使用される。本明細書では、変換された青色雑音マスクの三種の例について述べたが、当業者においては、同様の結果を達成するための青色雑音マスクの他の変換方法が容易にわかる筈である。

また、前述のように上記青色雑音マスクの一次統計量はマスク自体から直接得ることができる。このマスク変換法は、青色雑音マスクの端部の点を回避しながらマスクの個々の値を新しい値に写像(直接値写像として知られる)することである。このようにして変換前と同様に、非塊状の画像が生成できる。上記写像処理がある種の悪質なプリンタ出力特性を除去できるように行うことができる。例えば、出力装置がコントラストの低すぎる画像を生成しているときには、マスクとそのCDFを変換して明暗部両方に余分の画素が追加されるように写像処理を調節することができる。このようにして、コントラストがより大きい画像が生成される。

さらに、写像関数は当該青色雑音マスクの画素の中で特定値 g に等しい値を持つ画素 $b(i, j)$ に作用し、特定値を新しい値 g' になるように変換する。

$b(i, j) = g$ に相当する全てを

$b'(i, j) = g'$ に変える。

(8)

ここで、 $f(g) = g'$ は画像表現を変更するために選択された一値の非線形写像関数であり、 $b'(i, j)$ はその出力、すなわち、変換された青色雑音マスクである。

第7図ないし第9図は、青色雑音マスクの三種の異なる変換、すなわち、線形またはパンチ態様、高コントラスト凹状上向きシグマ曲線(CDSC)、および、低コントラスト凹状下向きシグマ曲線(CUSC)変換を行うためのフローチャートの図をそれぞれ示す。これらすべての変換例は「パンチ」処理を含む。このような青色雑音マスクのパンチ処理とは、極端に低い値のものを皆ある特定

の最小値、例えば0、に設定し、極端に高い値のものを皆ある特定の最大値、例えば255、に設定し、さらに、この設定した最大値と最小値の間にあるものの値を再線形化することを意味する。

青色雑音マスクのCDSC変換は「高コントラスト」写像関数を $f(g) = g^3$ とすることによって実行できる。CUSC変換は $f(g) = g^{-3}$ で行われ、より平坦で低コントラスト曲線を生じる。

上述のような青色雑音マスクの変換を行った後、この変換したマスクを使用して所望画像のハーフトーン化を行うには前述のような手順をとる。すなわち、ハーフトーン化は画像の値と変換されたマスクの値とを比較することによって行われる。当該原画像の値の方が大きい場合には、新しい画像の値が黒として与えられる。また、そうでない場合は、新しい画像の値は白に設定される。次いで、このようにして得られた画像はよりコンパクトな形(もとの8ビットより縮小された)で保存される。これはハーフトーン画像すなわち2値画像においては1画素がわずか1ビット相当するためである。このように変換されたマスクにおいては、青色雑音マスク内の各値が、使用者により選択された、パンチ、CDSC或いはCUSC等の変数を使って新しい値に写像される。次いで、ハーフトーン化がこれらの新しい値を基にして行われる。また、このように色々な値を選択することによって、使用者は画像を調整して虚像効果を使用している特定のプリンタおよび/または表示装置による他の欠点を除去することができる。

このように青色雑音マスクのCDFまたはグレイスケール特性をそれぞれ変換したものを使用して構成した新しいハーフトーン化スクリーンは非線形の入出力特性を有する。青色雑音マスクのグレイスケール特性を変換しても、青色雑音マスクにより生成される等方性で模様のない視覚的に好ましい白黒画素のパターンは維持される。

第7図は青色雑音の原マスクの線形化パターンを生成する青色雑音マスク変換のためのフローチャートである。まず、ステップ700において、変換されるべき青色雑音マスクの $b(i, j) = g$ の値が読み取られる。次いで、ステップ702において、使用者により特定された最大値および最小値が得られる。その後、ステップ700で得られた青色雑音マスクの値がステップ704において $r = 255 / (\text{最大値} - \text{最小値})$ と設定してから、変形した青色雑音マスクの値 $b'(i, j) = r(b(i, j) - \text{最小値})$ を計算して再線形化される。この例においては、8ビット青色雑音マスクを使用することを仮定し、それゆえ、最大値および最小値は0と255との間に存する。

次いで、変換した青色雑音マスクの各値 $b'(i, j)$ が最大値よりも大きいかがステップ706において決定される。このとき、ステップ706において肯定的な(つまり最大値より大きいという)決定がなされると、当該画素の値 $b'(i, j)$ はその最大値に設定される。また、

25

ステップ706において否定的な（つまり最大値より小さいという）決定がなされた場合あるいはステップ710以降では、当該変換した青色雑音マスクの画素値 $b'(i, j)$ が最小値より小さいか否かの決定がステップ708においてなされる。この際、ステップ708において肯定的な（つまり最小値より小さいという）決定がなされると、画素値 $b'(i, j)$ がステップ712において最小値と等しく設定される。さらに、ステップ708において否定的な決定がなされた場合またはステップ712以降は、ステップ714において、以上のように変換した青色雑音マスクの値 $b'(i, j)$ をメモリに書き込むことによって変換した青色雑音マスクが構成される。

第8図は変換された青色雑音マスクの高コントラスト用パターンを発生するためのフローチャートである。この場合、まずステップ800において青色雑音マスクの値 $b(i, j) = g$ が読み取られる。次いで、ステップ802において、ステップ804で使用する定数 a 、 b 、 c および最大値と最小値が使用者により与えられる。この定数 a 、 b 、 c は独特な数学的写像を発生するべく選択される。この場合、変曲の中央点を定数 a とし、対称な8ビットマスクを構成するためには、通常、128に近い値を選ぶ。また、曲線の傾斜の度合を定数 c により表し、さらに、必要であれば、曲線の全体をずらせる度合を定数 b により表す。

ステップ804においては写像が直接行われ、変換した青色雑音マスクの画素値 $b'(i, j)$ の各点が $(b(i, j) - a)^3 / c^3 + b$ に等しくなるように計算される。この関数は、直線型の入出力関係を傾度の高い非線形関係に置き換える。置き換えられるもとの直線型の入出力関係は、例えば、第10図に示されるようなものであり、ここでは、CDFと線形青色雑音マスクの画素値との関係が示されている。また、第11図は、パンチを伴うCISC直接写像処理後の、CDFと非線形の高コントラスト青色雑音マスクの画素値との関係を示している。

その後、ステップ806において新しい画素値 $b'(i, j)$ の各々が（予め設定した）最大値より大きいのか否かの決定がなされる。この場合、ステップ806で肯定的な（より大きいという）決定がなされると、新しい画素値 $b'(i, j)$ はステップ810においてこの最大値に設定される。さらに、ステップ806において否定的な（大きくないという）決定がなされた場合もしくはステップ810の後、ステップ808において、新しい画素値 $b'(i, j)$ が予め設定した最小値より小さいか否かの決定がなされる。

ステップ808において肯定的な（つまり小さいという）決定がなされると、新しい画素値 $b'(i, j)$ は当該最小値に設定される。さらに、ステップ808において否定的な（つまり小さくないという）決定がなされた場合またはステップ812以降には、変換した青色雑音マスクの値 $b'(i, j)$ はステップ814においてメモリに書き込ま

26

れる。

第9図は、元の青色雑音マスクからCISC低コントラストパターンを生成する青色雑音マスクの変換のためのフローチャートである。すなわち、ステップ900において青色雑音マスクの値 $b(i, j) = g$ が読み取られ、次いで、ステップ902において、定数 a 、 b 、 c および最大値と最小値が与えられる。なお、定数および最大値、最小値は使用者により供給される。

ステップ904において、変換した青色雑音マスクの値 $b'(i, j)$ のアレイが

$$\text{cbrrt}((b(i, j) - b) \times c + a)$$

に等しくなるように計算して直接写像処理が行われる。ここでは「cbrrt」は立方根を意味しており、この関数は線形の入出力関係を低コントラスト用の非線形入出力関係に変換する。なお、定数 a 、 b 、 c はそれぞれオフセット、中心点および利得（増幅度）を与える。

ステップ906において、青色雑音マスクの各画素値が上記最大値より大きいのか否かの決定がなされる。すなわち、 $b'(i, j)$ が最大値より大きいのか否かの判定が行われる。

ステップ906において肯定的な（つまり大きいという）決定がなされると、ステップ910において、アレイ上の画素 $b'(i, j)$ の中で上記の最大値より大きいものの全部がその最大値に設定される。

ステップ906において否定的な（つまり大きくないという）決定がなされるか、あるいは、ステップ910以降においては、変換した青色雑音マスクの画素値 $b'(i, j)$ のいずれかが上記最小値より小さいか否かの判断がステップ908においてなされる。ステップ908において肯定的な（つまりより小さいものがあるという）決定がなされると、変換された青色雑音マスク $b'(i, j)$ で上記の最小値より小さい画素値は全部ステップ912において上記の最小値に設定する。

ステップ912の後、又は、ステップ908において否定的な決定がなされた場合は、変換した青色雑音マスクの値 $b'(i, j)$ がステップ914においてメモリに記憶される。

また、当該方法は、各色成分を青色雑音マスクに対してそれぞれ独立にしきい値化し、その後、多重印画処理をすることによって、カラーハーフトーン化にも適用することができる。この方法によって、本明細書の開示の青色雑音マスクは、RGB、CMYKおよび他の方式による色成分に直接適用してカラープリントに応用することができる。例えば、第4図のスキヤナ400としてオプトロニクス（Optronix）スキヤナを使うことができ、原画像の赤、青および緑の色成分がそれぞれ8ビットの深さを持つ三種類の別々のファイルを入力することが可能である。このような画像を表示する前に、赤、青、緑の画像の各々にそれぞれ別々に本明細書に開示の方法に従って構成した青色雑音マスクを適用することができる。このようにして得られた画像は次に2値RGBビデオスクリー

ンに表示したり、印刷することができる。

また、青色雑音マスクの画素を1画素ずつ異なる色成分画面毎にずらすことによって、表示されるRGB画像の明瞭さを改良することができることが発見された。青色雑音マスクを赤色画像の色画面に適用するときのみ、例えば、マスクの (i, j) 画素を1画素だけ上方にずらした点に対応するマスクの画素値を有するようにならずして赤成分をハーフトーン化することができる。また、青色画像成分をハーフトーン化する際には、青色雑音マスクは、1画素だけ側方にずれた画素値をそれぞれ使用する。このようにして、色のエネルギーをより広い領域に分散することができる。この場合に注意すべきことは、RGB画像相互間のずれは全くないことであって、もしそのようなずれがあれば、出来上がりの画像にぼやけが生ずる。すなわち、上述の如く、赤色および青色画像のハーフトーン化に使用されるそれぞれの青色雑音マスクは、各々、上方か側方に1画素ずれた画素値を取る。

第12図は上記方法を示しており、これは当該方法を使用するカラー画像のハーフトーン化を行うためのフローチャートである。走査処理される原カラー画像1200がスキャナ400により走査されて三種類の連続色調の色画面1202、1204、1206を生成する。これらは、それぞれ赤、青、緑に対応する。なお、これらの色成分画面またはアレイの値は各々第6図に示すように青色雑音マスクに加えられる。また、この代わりに第4図に示すような比較器を使用することもできる。ただし、この場合、赤色画像の (i, j) 画素は青色雑音マスクのシフトされた $(i+1, j)$ 画素と比較される。また、緑色画像の (i, j) 画素は青色雑音マスクの (i, j) 画素と比較され、さらに、青色画像の (i, j) 画素は青色雑音マスクの $(i, j+1)$ 画素と比較される。なお、これらの比較操作はステップ1208、1210および1212において行われる。

次いで、これら三種の色画面またはアレイはステップ504において各々しきい値化されるか高ガンマフィルム上にプリントされて、ステップ1214、1216および1218において三種類のハーフトーン画像が生成される。ハーフトーン画像 $hr(i, j)$ はハーフトーン赤色画像の (i, j) 画素を示す。同様に、ステップ1216および1218における各成分(画素)はそれぞれ緑色および青色画像のハーフトーンを示す。その後、これらの画像はステップ404においてプリンタまたはディスプレイにより組み合わせられ、ステップ1220において三色ハーフトーン画像が出来上がる。カラー画像の各成分のハーフトーン化においては、ここに開示の画素ずらし方式を組み込んだ青色雑音

マスクを使用することにより、ハーフトーン画像にぼやけを発生させることなく色の効果的な配分を成し得ている。

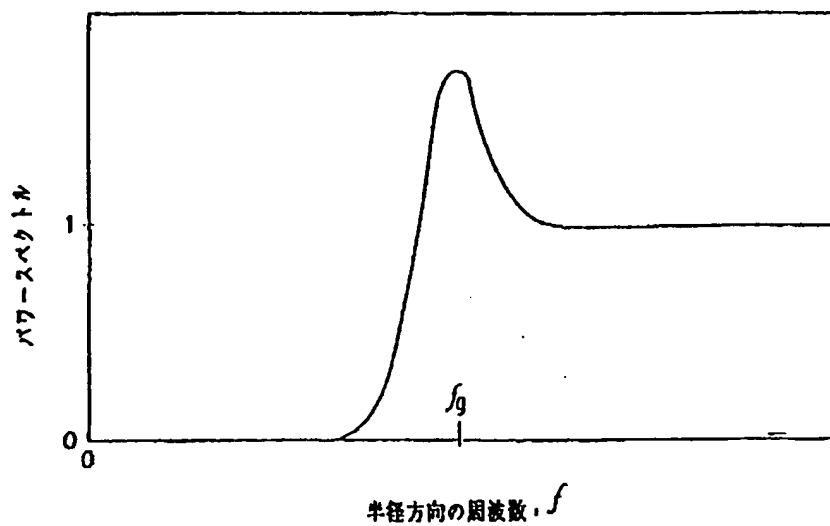
なお、このような画像の異なる色成分画面を別々にハーフトーン化する方法の一種としては、単色用青色雑音マスクの反転体を使用する方法があり、反転体は各画素について(Maxval-BNM)として定義される。この場合、Maxvalは当該青色雑音マスクの(画素の)最大値である(例えば、8ビット青色雑音マスクの場合、255)。このように変換した青色雑音マスクを構成するためには、各画素の値をMaxvalから差し引いた値を各画素についての新しい値とする。このような逆処理は「青色雑音マスクの頂点と谷」を交換する処理と考えることができ、カラー画像のカラーバタンにおけるエネルギーを分散する結果をもたらす。

なお、当該処理については、構成した青色雑音マスクの画素値を1値だけずらす種々のバタンや種々の複数ずらしバタン等、多くの変種が同様に可能である。ちなみに、300dpiの低解像度システムにおいては、1画素シフト(ずらし処理)が視覚的に好ましい結果をもたらすことが知られており、また、10画素シフトでは異なる色の点の間に不快な相関関係が発生し、さらに、45画素程度の大幅なシフトでは着色点の間に相関関係のない満足なバタンが得られることが見いだされている。

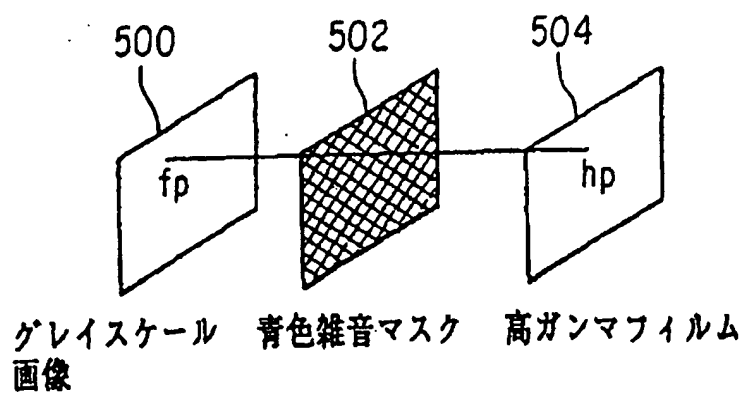
もちろん、他の可能な変種マスクも満足な結果を生じることができる。例えば、従来の4色プリント処理において行われているように、一つの色成分のカラー青色雑音マスク平面を他のマスクに対して45°の角度を成して配置する等である。しかしながら、等方性の、非塊状で波紋模様を呈する傾向が少なく、色やインキを多少拡散するが画像のぼやけを生じないような好ましいバタンを生成するには、上述のような簡単な1シフトバタンが最も有効であることが見いだされている。もちろん、同様の原理がCMYKカラープリント処理にも適用できる。すなわち、当該処理においては、C(シアン)、M(マゼンタ)およびY(黄色)のカラー画像がハーフトーン化でき、その後、従来のカラープリント処理と同様に、黒色画像(K)を必要に応じて加えることができる。

なお、本文においては好ましい実施態様の一例のみを特定して図示し且つ記載したが、当該発明の精神およびその本来の趣旨から逸脱しない範囲において、上述の教示と添付の特許請求の範囲を考慮に入れば、本発明の多様な変形並びに変更が更に可能であることは容易に理解できる。

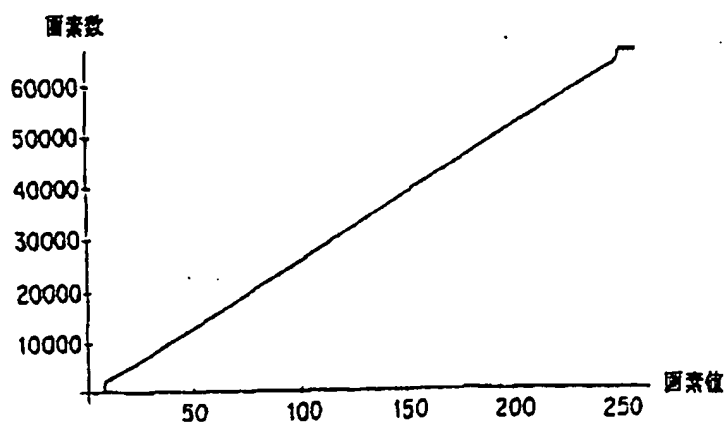
【第1図】



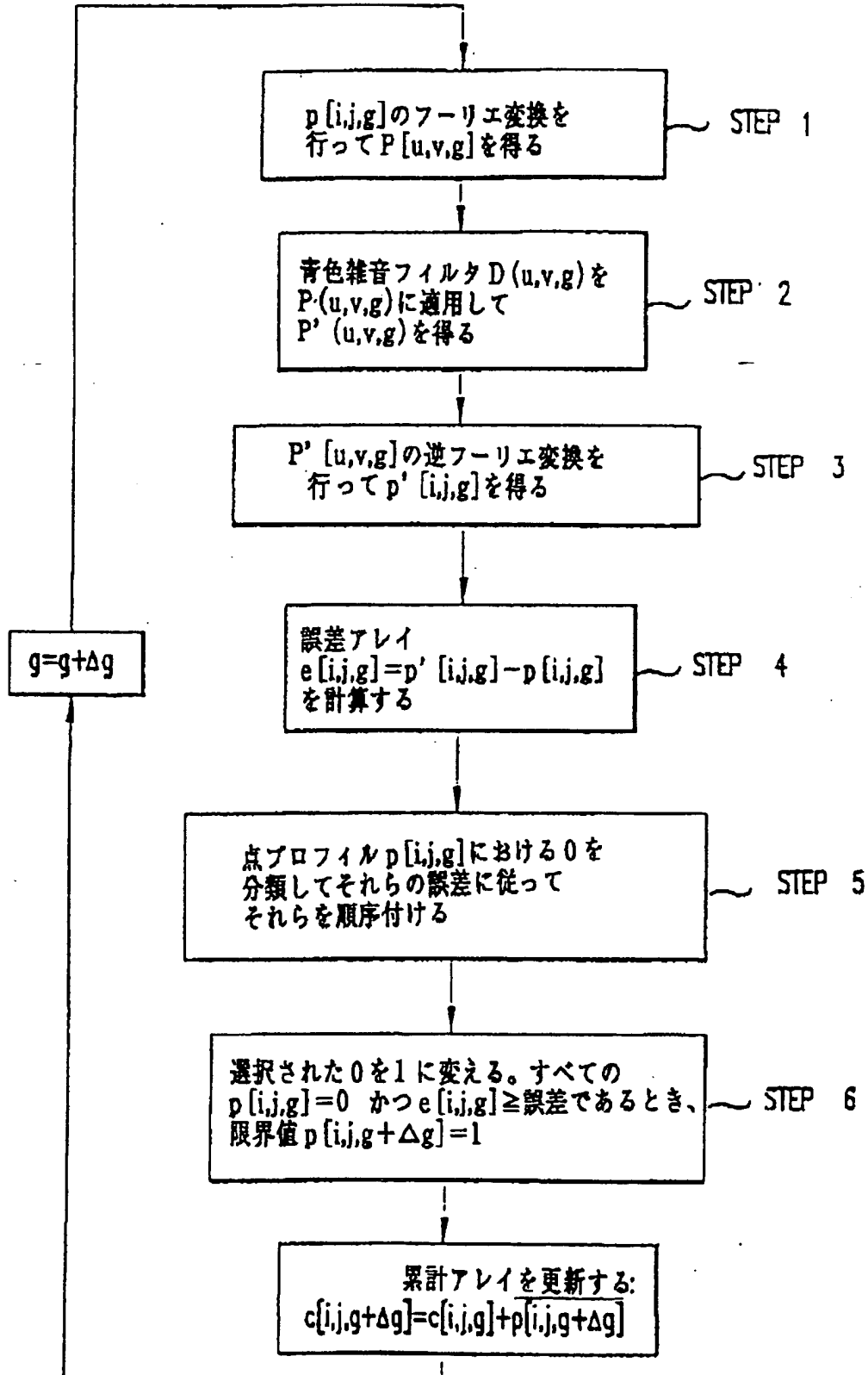
【第5図】



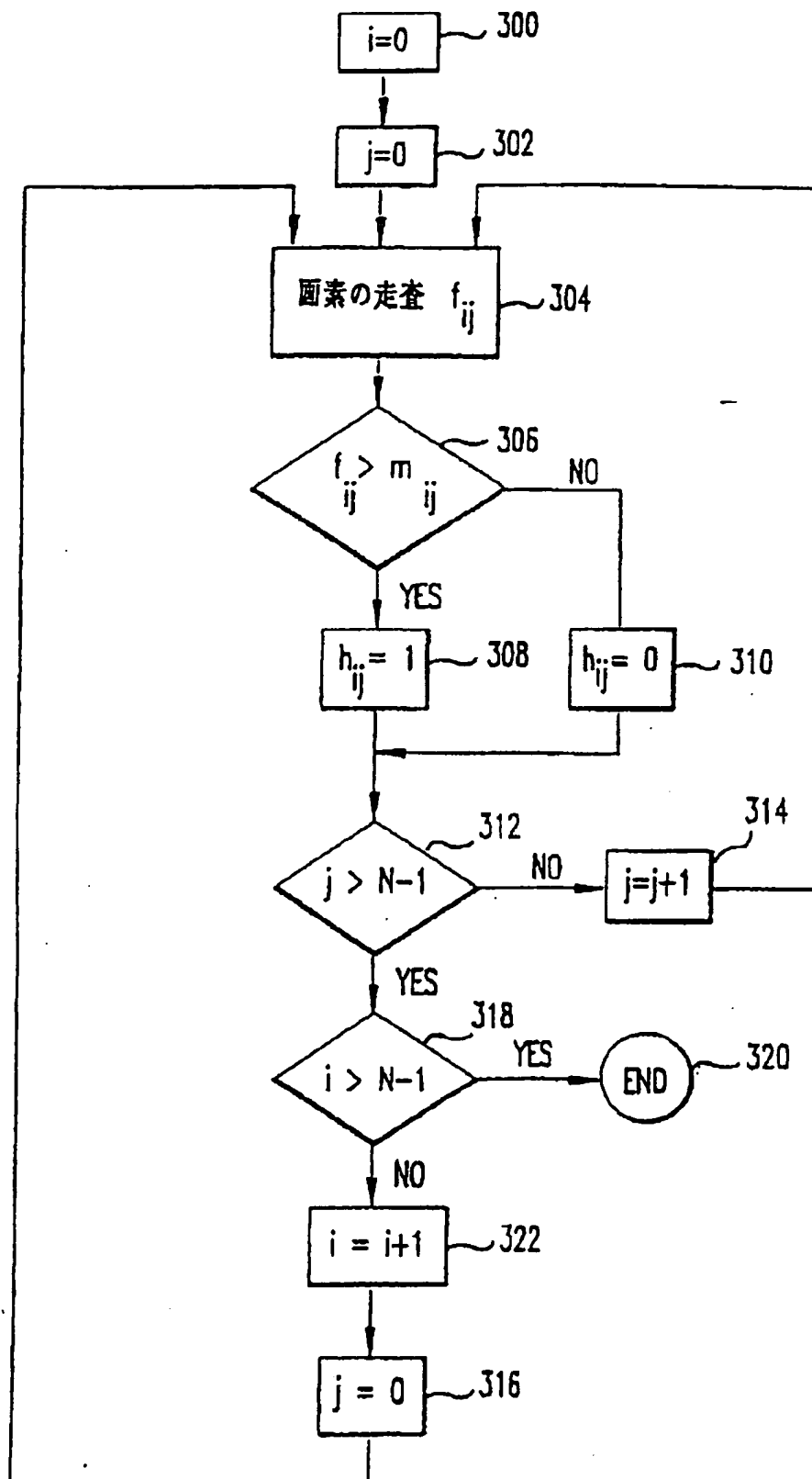
【第10図】



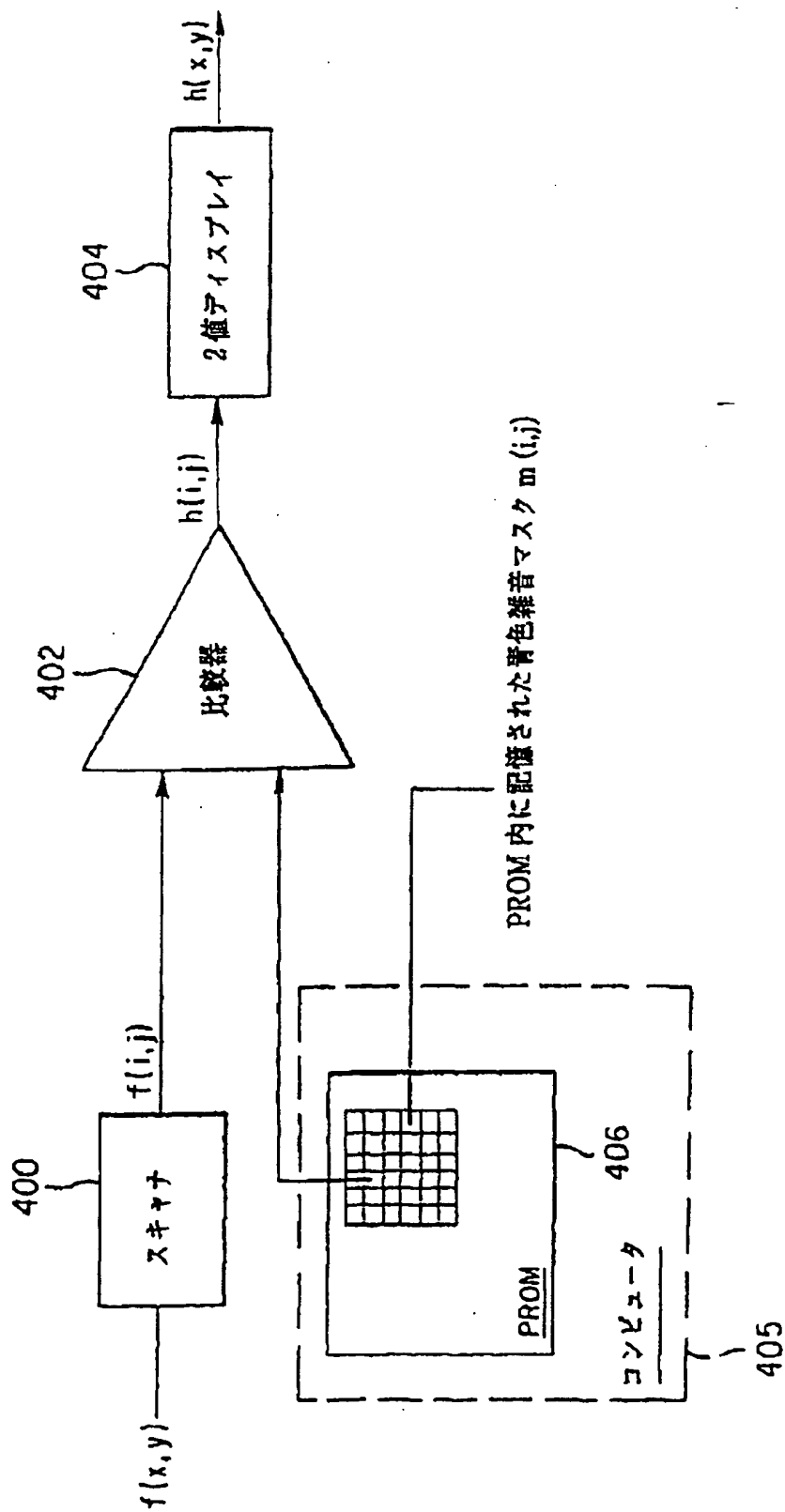
【第2図】



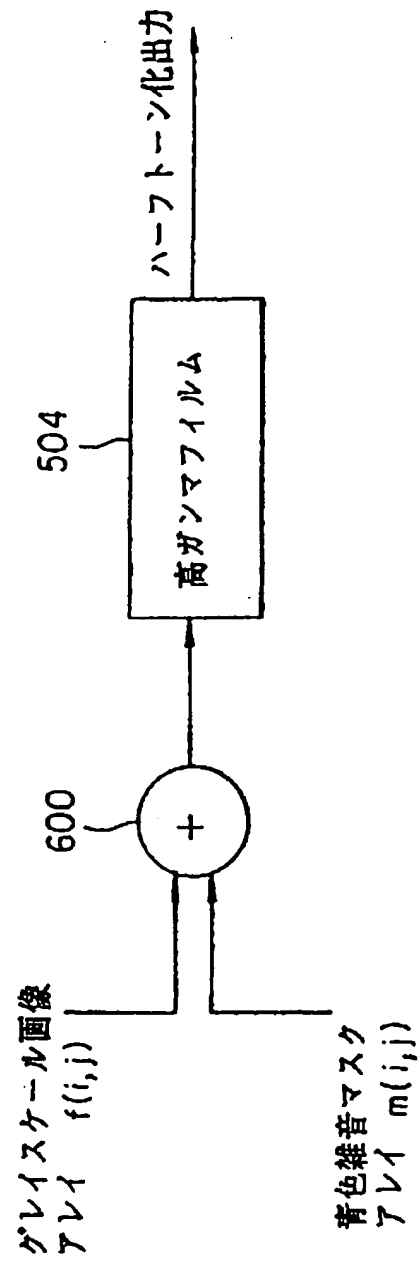
【第3図】



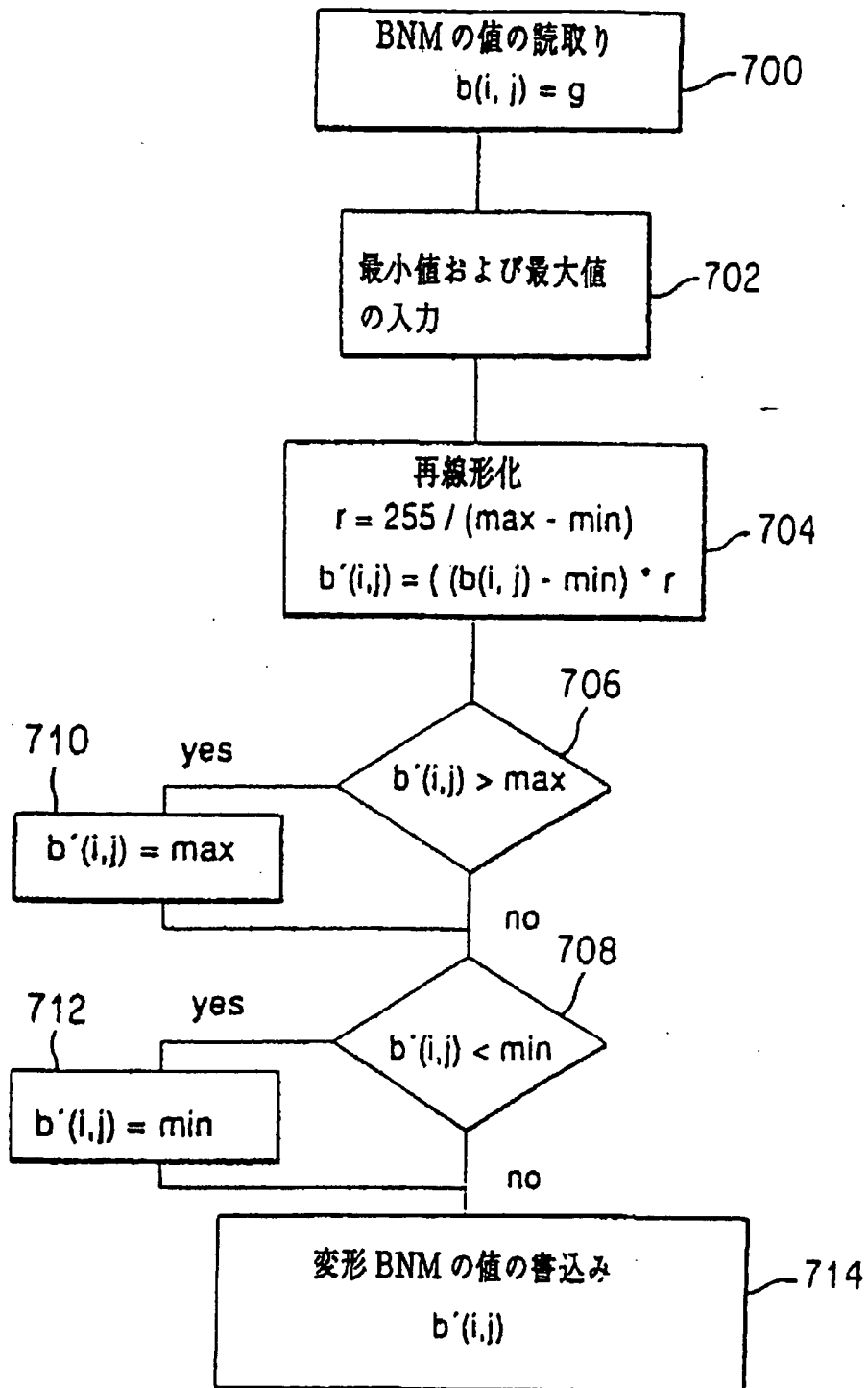
【第4図】



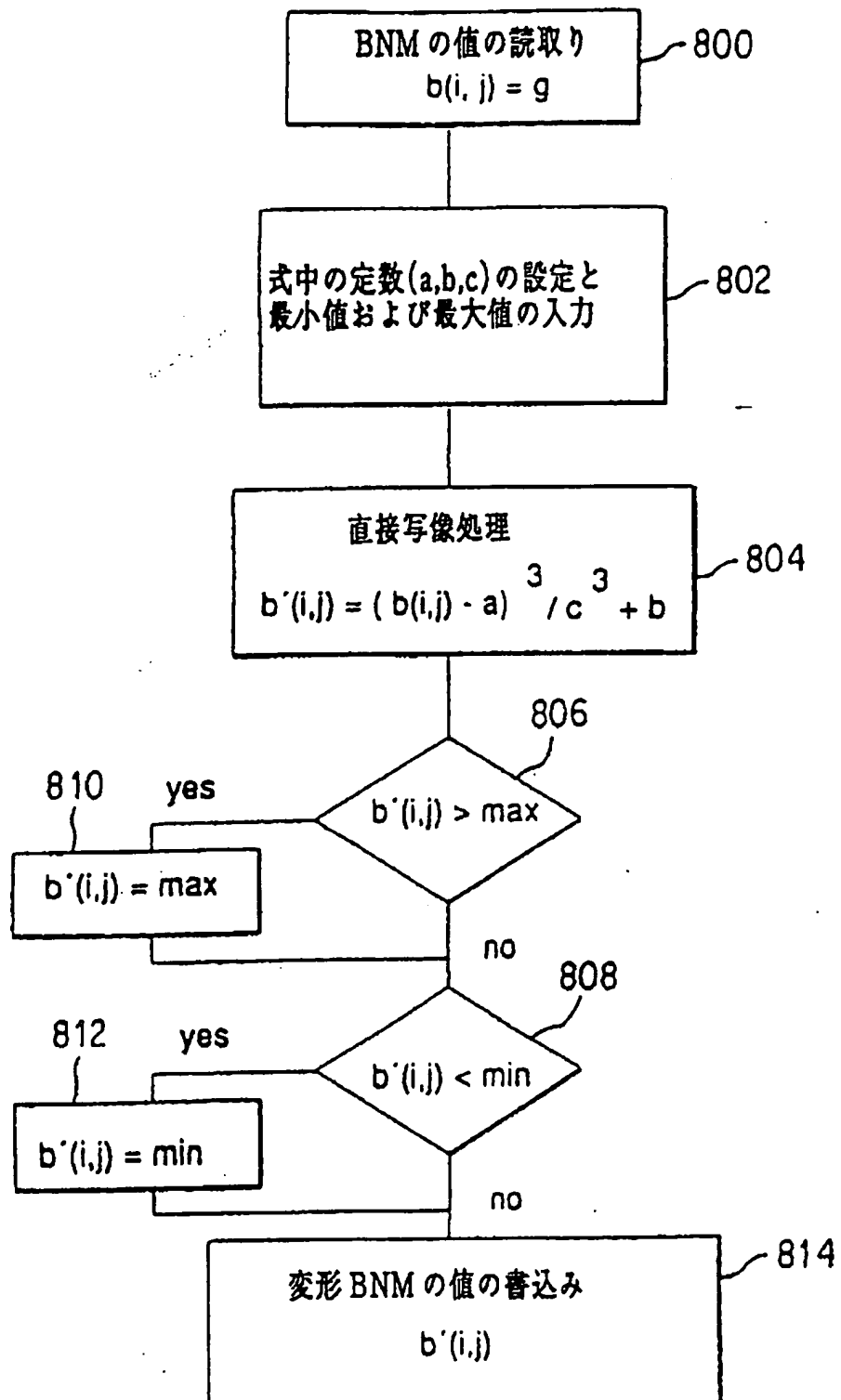
【第6図】



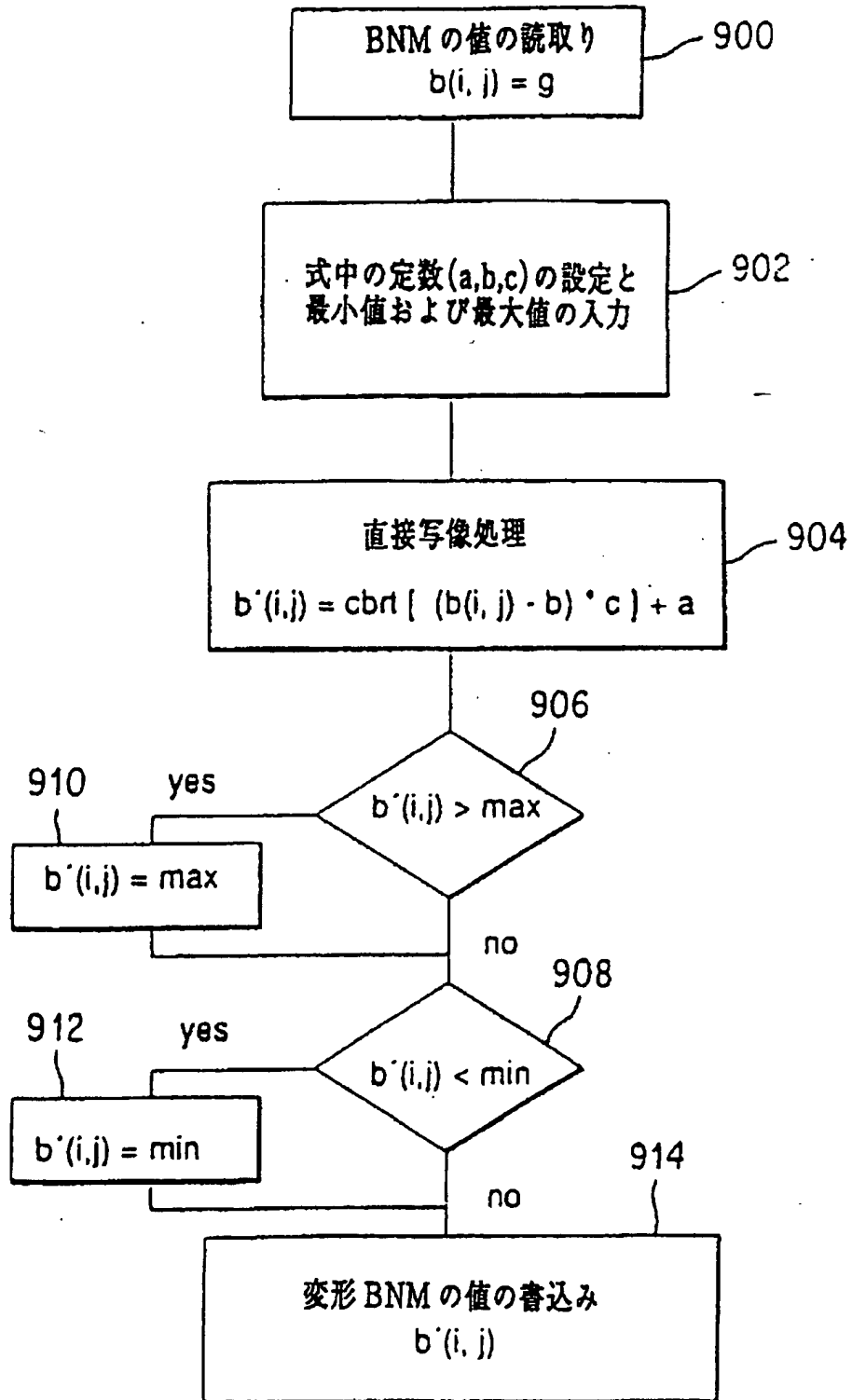
【第7図】



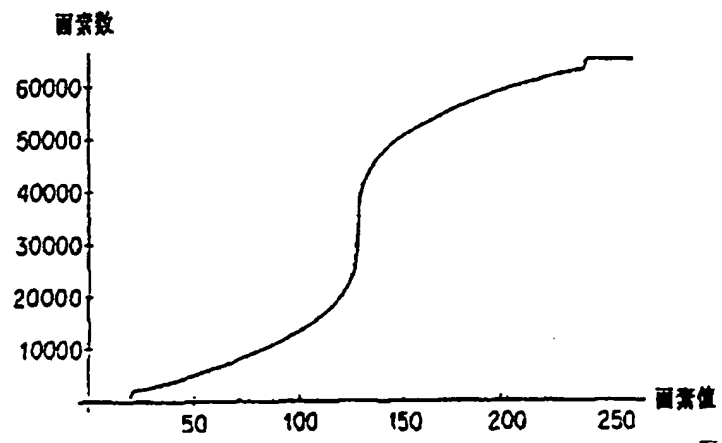
【第8図】



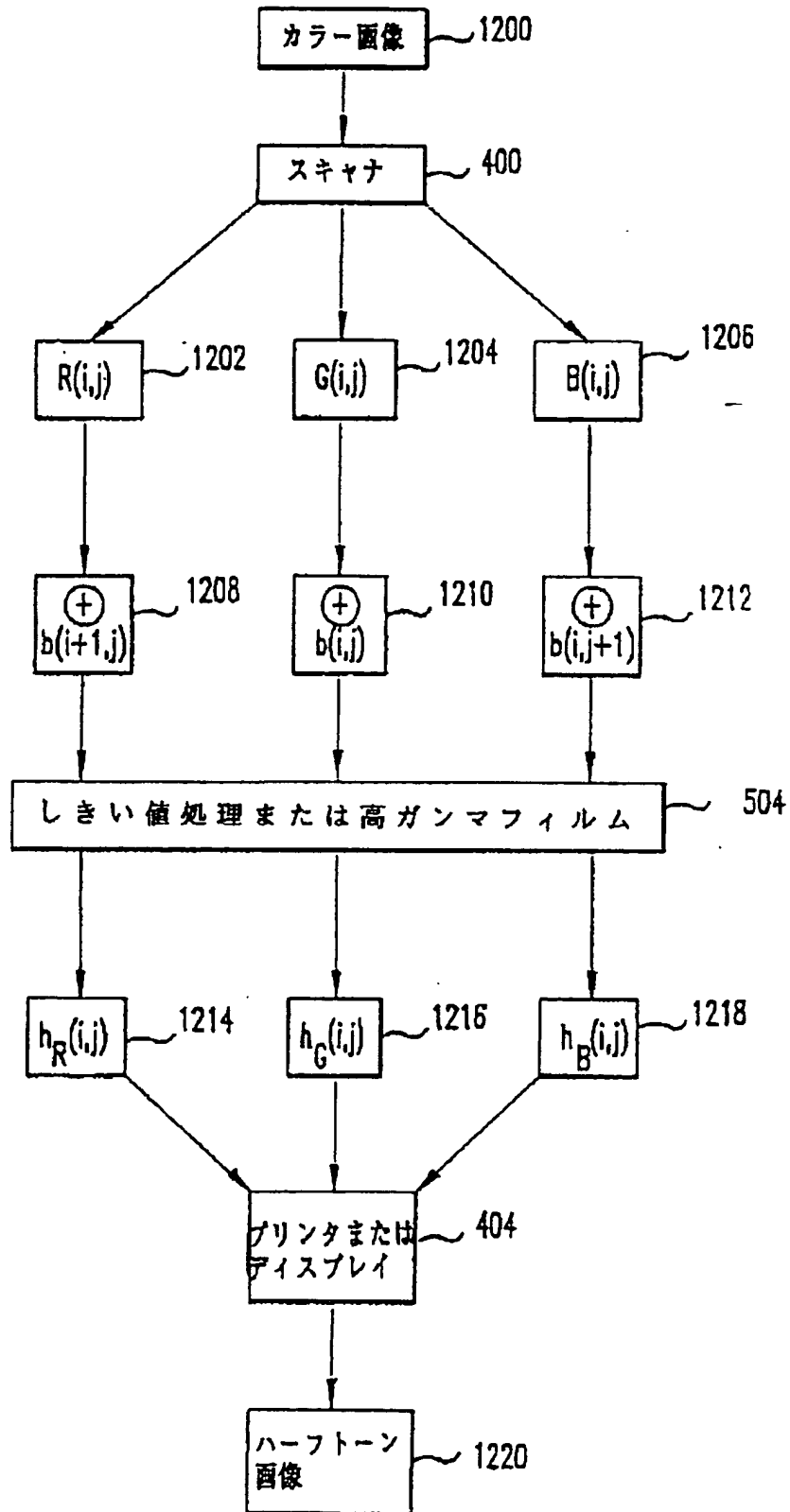
【第9図】



【第11図】



【第12図】



フロントページの続き

(72)発明者 ミトサ、 テオファノ

アメリカ合衆国 14620 ニューヨーク
州 ロチェスター ガラー ハウス ナ
ンバー828 クリッテンドン ブールヴ
ァード 60

(56)参考文献

特開 昭60-264164 (JP, A)

特開 昭57-119563 (JP, A)

特開 昭63-56069 (JP, A)

特開 平3-501797 (JP, A)

THIS PAGE BLANK (USPTO)